

## Method for depositing a superconducting thin film

Patent Number: DE4321135  
Publication date: 1995-01-05  
Inventor(s): WAGNER PATRICK DIPL PHYS (DE); ADRIAN HERMANN PROF DR (DE); TOME-ROSA CELSO PEREIRA DR (DE)  
Applicant(s):: HOECHST AG (DE)  
Requested Patent: ☐ DE4321135  
Application Number: DE19934321135 19930625  
Priority Number (s): DE19934321135 19930625  
IPC Classification: C23C14/06 ; C23C16/50 ; C04B35/50 ; C23C16/52 ; H01J37/34  
EC Classification: C23C14/34B2, C23C14/54B, C23C14/58, C23C14/08N  
Equivalents:

---

### Abstract

---

The invention relates to a method for depositing a superconducting thin film comprising  $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{Ca}_1\text{Cu}_2\text{O}_{\text{approx.}8.15}$  by cathodic sputtering of a target with composition  $\text{Bi}_{2.05}\text{Sr}_2\text{Ca}_1\text{Cu}_2\text{O}_{8+\delta}$  on a substrate,  $\delta$  indicating a number between 0 and 0.4 and the target and the substrate to be coated being planar. In this case, the substrate to be coated is firmly bonded on an electrical heating block, arranged parallel to the planar target, at a separation of 16.5 to 21.5 mm, in the sputtering chamber, pure oxygen at a pressure of 1 to 5 mbar is caused to flow through the sputtering chamber, the heating block is heated and, by application of a voltage in the range of 300 to 350 volts between the substrate and the target, a discharge plasma is struck. In this case, the target is atomised (sputtered off) and the atomised material deposits on the substrate lying opposite. When the film has reached the desired layer thickness, the coated substrate is left at elevated temperature for a further 30 minutes in the sputtering chamber at the selected oxygen pressure in the range of 1 to 5 mbar. During atomisation of the target and while the coated substrate is being maintained in the sputtering chamber, after the discharge plasma has been turned off, at the selected pressure in the range of 1 to 5 mbar, a temperature in the range of 820 to 840 DEG C is set in the heating block. The coated substrate is subsequently cooled to 500 DEG C, then the oxygen pressure is ... to 0.01 ... Original abstract incomplete.

---

Data supplied from the esp@cenet database - I2



99P3096



⑨ BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

⑫ **Offenlegungsschrift**  
⑩ **DE 43 21 135 A 1**

⑤ Int. Cl.<sup>6</sup>:  
**C 23 C 14/06**  
C 23 C 16/50  
C 04 B 35/50  
C 23 C 16/52  
H 01 J 37/34

⑳ Aktenzeichen: P 43 21 135.6  
㉑ Anmeldetag: 25. 6. 93  
㉒ Offenlegungstag: 5. 1. 95

DE 43 21 135 A 1

㉑ Anmelder:  
Hoechst AG, 65929 Frankfurt, DE

㉒ Erfinder:  
Wagner, Patrick, Dipl.-Phys., 63808 Haibach, DE;  
Adrian, Hermann, Prof. Dr., 64331 Weiterstadt, DE;  
Tomé-Rosa, Celso Pereira, Dr., 64285 Darmstadt, DE

㉓ Verfahren zur Abscheidung eines dünnen supraleitenden Films

㉔ Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Abscheidung eines dünnen supraleitenden Films aus  $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{Ca}_1\text{Cu}_2\text{O}_{\text{ca.}8,15}$  durch Kathodenzerstäubung eines Targets der Zusammensetzung  $\text{Bi}_{2,05}\text{Sr}_2\text{Ca}_1\text{Cu}_2\text{O}_{8+\delta}$  auf einem Substrat, wobei  $\delta$  eine Zahl zwischen 0 und 0,4 bedeutet und das zu beschichtende Substrat und das Target planar sind. Dabei wird das zu beschichtende Substrat auf einem elektrischen Heizblock festgeklebt, in einer Sputterkammer parallel zu dem planaren Target in einem Abstand von 16,5 bis 21,5 mm angeordnet, durch die Sputterkammer reiner Sauerstoff unter einem Druck von 1 bis 5 mbar strömen gelassen, der Heizblock aufgeheizt und durch Anlegen einer Spannung im Bereich von 300 bis 350 Volt zwischen Substrat und Target ein Entladungsplasma gezündet. Das Target zerstäubt dabei und das zerstäubte Material scheidet sich auf dem gegenüberliegenden Substrat ab. Wenn der Film die gewünschte Schichtdicke erreicht hat, beläßt man bei erhöhter Temperatur das beschichtete Substrat noch mindestens 30 Minuten in der Sputterkammer bei dem gewählten Sauerstoffdruck im Bereich von 1 bis 5 mbar. Im Heizblock wird während der Zerstäubung des Targets und während das beschichtete Substrat nach Abschalten des Entladungsplasmas in der Sputterkammer und bei dem gewählten Druck im Bereich von 1 bis 5 mbar gehalten wird, eine Temperatur im Bereich von 820 bis 840°C eingestellt. Anschließend wird das beschichtete Substrat auf 500°C abgekühlt, dann der Sauerstoffdruck auf 0,01 ...

DE 43 21 135 A 1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

BUNDESDRUCKEREI 11. 94 408 061/262

6/35

## Beschreibung

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur Abscheidung eines dünnen supraleitenden Films, der aus den Elementen Wismuth, Strontium, Kalzium, Kupfer und Sauerstoff zusammengesetzt ist, durch Kathodenzerstäubung.

Während bis 1987 für alle konventionellen Supraleiter das relative teure flüssige Helium als Kühlmittel eingesetzt werden mußte, arbeiten die neuen keramischen Hochtemperatursupraleiter auf der Basis von Kupferoxyd bei Temperaturen, die bereits bei Kühlung mit dem wesentlich billigeren flüssigen Stickstoff zugänglich sind. Für viele Anwendungen, z. B. in der Kryo- und Mikroelektronik ist es notwendig, dieses Material in Form von dünnen Filmen auf ein geeignetes Substrat aufzubringen.

Ein bekanntes Verfahren zur Abscheidung eines dünnen Films besteht in der Kathodenzerstäubung eines Targets (= Sputterprozeß). Hierbei können z. B. Magnetron-Sputteranlagen eingesetzt werden, die sowohl im RF- als auch im DC-Modus betrieben werden. Im DC-Modus arbeitet das Verfahren einfacher und billiger als im RF-Modus.

Aus P. Wagner, H. Adrian and C. Tome-Rosa, Physica C 195 (1992) 258, "In situ-preparation of  $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_y$ -thin film by DC-sputtering" ist bereits ein Verfahren zum Abscheiden eines dünnen Films der Zusammensetzung  $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_{8+\delta}$  durch Kathodenzerstäubung bekannt geworden. Dabei wurde ein Target der Zusammensetzung  $\text{Bi}_{2,05}\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_{ca. 8,15}$  zerstäubt und das zerstäubte Material auf einem gegenüberliegenden Substrat aus Strontiumtitanat abgeschieden. Das zu beschichtende planare Substrat wurde auf einem Heizblock aus  $^{\circ}\text{Inconel}$  mit einem silberhaltigen Klebstoff befestigt.

Parallel zum Substrat wurde in einer Sputterkammer ein planares Target der oben angegebenen Zusammensetzung in einem Abstand von 18 mm angeordnet. Durch die Sputterkammer wurde Sauerstoff unter einem Druck von 2,7 mbar strömen gelassen. Der Heizblock (mit dem Substrat) wurde auf  $744^{\circ}\text{C}$  aufgeheizt und dann durch Anlegen einer Spannung von 320 V ein Entladungsplasma erzeugt.

Nach 3 h wurde die Abscheidung des Films beendet. Das beschichtete Substrat wurde noch weitere 50 min bei  $744^{\circ}\text{C}$  unter 2,7 mbar Sauerstoff gehalten, um die kritische Temperatur des Films auf ca. 86K anzuheben. Ohne diesen Tempersschritt lag die kritische Temperatur des abgeschiedenen Films bei ca. 72K. Nach Abkühlen wurde das mit dem Film beschichtete Substrat aus der Sputterkammer entfernt.

Es bestand die Aufgabe, ein Verfahren anzugeben, das einen Film mit verbesserten Eigenschaften liefert, insbesondere die kritische Temperatur des Films auf über 86K zu erhöhen.

Die vorliegende Erfindung löst diese Aufgabe.

Es wurde nun ein Verfahren der eingangs genannten Art gefunden, das dadurch gekennzeichnet ist, daß man im Heizblock während der Zerstäubung des Targets und während man das beschichtete Substrat nach Abschalten des Entladungsplasmas in der Sputterkammer noch bei einem Druck von 0,1–5 mbar hält, eine Temperatur von  $820-840^{\circ}\text{C}$  einstellt, man anschließend das beschichtete Substrat auf  $500^{\circ}\text{C}$  abkühlt, dann den Sauerstoffdruck auf 0,01 mbar absenkt und das beschichtete Substrat 15 Minuten bei  $500^{\circ}\text{C}$  beläßt, bevor man auf mindestens  $200^{\circ}\text{C}$  abkühlt und das Substrat aus der

Sputterkammer entfernt.

Das zerstäubte Target hat die Zusammensetzung  $\text{Bi}_{2,05}\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_{8+\delta}$ , wobei  $\delta$  eine Zahl von 0 bis 0,4 bedeutet.

Durch das Tempern in Gegenwart von Sauerstoff ( $820-840^{\circ}\text{C}$  bzw.  $500^{\circ}\text{C}$ ) wird der Sauerstoffgehalt  $y$  im zunächst erzeugten Film  $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_y$  auf einen optimalen Wert von 8,15 bis 8,20 eingestellt und eine kritische Temperatur oberhalb 86K, insbesondere oberhalb 88K, erreicht.

Die Sprungtemperatur der Supraleitung hängt nicht von der Natur des Substrats ab. Substrate aus Strontiumtitanat, Lanthangallat, Lanthanaluminat, Neodymgallat oder Magnesiumoxid haben jedoch den Vorteil, daß sich auf ihnen besonders gut epitaktische Schichten abscheiden lassen. Dies gilt insbesondere, wenn das Substrat aus einkristallinem Material besteht, dessen Substratfläche die kristallographische Ordnung (100) besitzt. Dies wirkt sich günstig auf die kritische Stromdichte des erzeugten Films aus. Auch eine Erhöhung der Sprungtemperatur wirkt sich günstig auf die kritische Stromdichte (gemessen bei 77K) aus.

Vorzugsweise beträgt der Druck in der Sputterkammer während des Zerstäubens 2,8 bis 3,2 mbar. Die verwendete Leistung des Entladungsplasmas beträgt vorzugsweise 5 bis  $12 \text{ W/cm}^2$  Targetfläche. Wichtig ist, daß der Druck des strömenden Sauerstoffs während des Zerstäubens möglichst konstant ist. Er soll um max. 3%, vorzugsweise max. 1,5%, bezogen auf den eingestellten Sollwert, schwanken. Wenn der Druck während der gesamten Beschichtungsdauer von dem einmal gewählten Sollwert, z. B. 3 mbar, um 0,1 mbar abweicht, dann muß mit einer Absenkung der Sprungtemperatur auf ca. 88K gerechnet werden. Eine kurzzeitige Abweichung des Sputterdrucks (z. B. während 5 Min. Abweichung von 3% gegenüber dem Sollwert scheint die Qualität der Filme nicht zu beeinträchtigen).

Die Konstanz der Temperatur ist wichtig, weil die Temperatur während der Beschichtung nur etwa 10 bis 20K unter dem Schmelzpunkt der Verbindung liegt und Abweichungen der Temperatur nach oben sofort zu einer Aufrauung der Filmoberfläche bzw. zu partiellem Abschmelzen führen. Ein Aufrauen der Oberfläche erschwert eine spätere Mikrostrukturierung des Films. Ein partielles Abschmelzen zerstört den Film. Kurzzeitige Abweichungen der Temperatur nach unten (z. B. 5 min bei  $750^{\circ}\text{C}$ ) sind für das Endergebnis nicht so kritisch, weil sie durch die lange Beschichtungsdauer 120 min bei  $830-840^{\circ}\text{C}$  wieder ausgeheilt werden können. Diese Temperaturen knapp unter dem Schmelzpunkt müssen aber, damit der Film überall eine gleich hohe Sprungtemperatur (und kritische Stromdichte) aufweist, überall auf dem Substrat erreicht werden, ohne daß es zu einer partiellen Überhitzung kommt.

Die beiden Nachtempers-Schritte (bei  $820-840^{\circ}\text{C}$  und  $500^{\circ}\text{C}$ ) können im Unterschied zur Abscheidung auch in stehendem Sauerstoff durchgeführt werden. Eine Ausdehnung des Nachtempersschrittes bei  $820-840^{\circ}\text{C}$  von 30 min auf 60 min bewirkt keine zusätzliche Verbesserung. Bei dem Nachtempersschritt bei  $500^{\circ}\text{C}$  muß der Druck im Bereich von 0,005 und 0,015 mbar liegen.

Das verwendete Target ist vorzugsweise ein Sinter-target, das z. B. durch Sintern von Wismut-(III)-oxid, Strontiumoxid, Kalziumoxid und Kupfer-(II)-oxid oder entsprechenden Oxidvorläufern mit entsprechenden Atomverhältnissen hergestellt wurde. Als Oxidvorläufer kommen beispielsweise die Carbonate oder Ni-

trate von Strontium und Kalzium über die Nitrate von Wismut und Kupfer in Frage. Der Sauerstoffgehalt der Targetmasse  $\text{Bi}_{2,05}\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_{8+6}$ , hat im angegebenen Bereich keine große Bedeutung. Werte von  $\delta = 0,4$  erhält man durch Sintern des Targets im Sauerstoffstrom, Werte von  $\delta = 0$  durch Sintern im Stickstoffstrom.

Will man mit einem anderen Druck des strömenden Sauerstoffs als 3,0 mbar (im Bereich von 1–5 mbar) arbeiten, so ist auch die Sputterleistung zu optimieren. Bei geringeren Drücken muß die Leistung reduziert und bei höheren Drücken die Leistung erhöht werden, um die räumliche Ausdehnung des Entladungsplasmas konstant zu halten. Die Verwendung kleinerer Targetdurchmesser erlaubt bei sonst gleichen Bedingungen den Einsatz höherer  $\text{O}_2$ -Drucke.

Die Erfindung wird anhand eines Beispiels näher erläutert.

Die Figuren zeigen die gegenseitige Anordnung von Substrat und Target in der verwendeten Beschichtungseinrichtung und die Anordnung des zu beschichteten Substrats auf dem Heizblock.

In der Fig. 1 ist die dem Sputtertarget zugewandte Seite des Heizblocks dargestellt. Die vordere Seite (9a) des Strahlungsschildes (9) ist entfernt.

Als Heizblock (6) für das Substrat (4) wird eine Inconel-Dose von 10 mm Dicke und 40 mm Durchmesser verwendet, in die ein Mantelheizleiter (nicht gezeichnet) gewickelt und eingelötet ist. Der Mantelheizleiter (Mantel: Inconel-Stahl; Kern: NiCr-Draht mit Isolation zwischen Mantel und Heizdraht) umgibt in parallelen Wicklungen einen dünneren Inconel-Kern. Das Substrat (4) hat die Form eines Quadrats mit 10 mm Seitenlänge und besitzt eine Dicke von 1,0 bis 1,5 mm. Es ist auf dem Heizblock festgeklebt. Der Klebstoff ist vorzugsweise organisch und insbesondere ein 2-Komponenten-Kleber auf Epoxyd basis. Der Klebstoff enthält vorzugsweise feinverteiltes metallisches Silber zur Verbesserung der Wärmeleitfähigkeit. Um die seitliche Wärmeabstrahlung aus dem Substrat zu vermindern, werden vier Aluminiumoxid- oder Magnesiumoxid-Plättchen (5) mit den Abmessungen  $1 \times 1 \text{ cm}$  so auf den Heizblock (6) geklebt, daß sie bündig an das Substrat anstoßen. Die Dicke der Plättchen soll der des Substrats entsprechen. Der Heizblock wird durch zwei Gewindestangen (10) gehalten, die an einer schwenkbaren Aufhängung (nicht gezeichnet) befestigt sind.

Die Anordnung von Heizblock, Substrat und Sputtertarget in der evakuierbaren Sputterkammer ist in Fig. 2 dargestellt. Das Target (1) wird über ein Netzgerät (nicht gezeichnet) und Leitung (3) mit Hochspannung von 400 mA und 320 V versorgt. (1) und (3) sind von der Abschirmung (2) umgeben, die nahe dem Target (1) ein Fenster (13) aufweist. Dem Target gegenüber sind Substrat (4), Heizblock (6) und Strahlungsschild (9) geerdet. Während des Betriebes geht vom Sputtertarget (1) durch das Fenster (13) ein Entladungsplasma (11) aus, das sich bis in die Nähe des Substrats erstreckt. Die abgestäubten Partikel diffundieren durch eine quadratische Blende (12) in der Vorderseite (9a) des Strahlungsschildes (9). Der Heizleiter wird durch die Leitungen (7) mit Strom versorgt. Das Thermoelement (8) kontrolliert die Temperaturkonstanz.

Vorzugsweise beträgt die Dicke des Substrats 0,5 bis 1,6 mm. Die Erfindung wird durch die folgenden Beispiele näher erläutert.

Ausgangspunkt für die Herstellung der Filme ist ein planares, keramisches Sintertarget der Zusammensetzung  $\text{Bi}_{2,05}\text{Sr}_{2,00}\text{Ca}_{1,00}\text{Cu}_{2,00}\text{O}_{8,15}$  von 2 mm Dicke und 50 mm Durchmesser. Die Zerstäubung des Sputtertargets erfolgt im Gleichstrom-Betrieb, ohne Einsatz eines Magnetrons.

Als Substratmaterial wird einkristallines  $\text{SrTiO}_3$  in der kristallographischen Orientierung (100) verwendet. Das Aushärten des Epoxid-Klebers erfolgt bei einer Heizertemperatur von  $100^\circ\text{C}$  für 45 min an Luft. Der Heizblock (6) wird vor dem Einbau in die Sputterkammer vollständig von einem Strahlungsschild (9) umschlossen, das nur am Ort des Substrats eine quadratische Öffnung von 12 mm Seitenlänge besitzt. Während des Hochheizens auf die Depositionstemperatur von  $840^\circ\text{C}$  kommt es zu einer vollständigen thermischen Zersetzung der organischen Komponente des Klebers, so daß die Haftung zwischen Heizer und Substrat während der Abscheidung durch die gesinterten Silberpartikel des Klebers erreicht wird. Diese Art der Befestigung gewährleistet einen sehr guten thermischen Kontakt.

15 Minuten vor Beginn der Abscheidung wird Sauerstoff der Reinheit 99,95% in die Sputterkammer eingeblasen und im kontinuierlichen Durchfluß von  $8 \text{ m}^3/\text{h}$  ein Druck von 3,00 hPa = 3 mbar eingeregelt. Die zulässige Toleranz ist 0,05 hPa. Beim Vorsputtern wird, wie auch während der eigentlichen Deposition, ein Entladestrom von 400 mA eingestellt, was einer Leistung von 125 W entspricht. Zu Beginn der Deposition wird der Heizblock mittels der Aufhängung vor die Kathode geschwenkt, so daß Target- und Substratoberfläche parallel zueinander liegen und einen gegenseitigen Abstand von 18 mm besitzen. Unter den genannten Bedingungen reicht der Saum des Entladungsplasmas bis auf einen Abstand von 1 mm an die Substratoberfläche heran. Die Temperatur des Heizblocks wird über ein Ni/NiCr-Thermoelement, das aus der Sputterkammer heraus bis in den Temperaturregler geführt ist, gemessen und auf  $1^\circ\text{C}$  genau gehalten. Der geeignete Temperaturbereich für die Herstellung eines qualitativ hochwertigen Films liegt zwischen  $820^\circ\text{C}$  und  $840^\circ\text{C}$ . Nach 2 Stunden ist ein Film von 4000 Å Dicke abgeschieden, d. h. die Aufwachsrate beträgt  $33 \text{ Å/min} = 33 \cdot 10^{-8} \text{ cm/min}$ . Das beschichtete Substrat wird auf  $150^\circ\text{C}$  abgekühlt und aus der Kammer entnommen.

Der nach dem erfindungsgemäßen Verfahren erzeugte Film auf dem Substrat besitzt eine supraleitende Sprungtemperatur von 90 K bei einer induktiven Übergangsbreite von weniger als 2 K. Die kritische Stromdichte des Films im Nullfeld beträgt  $4 \times 10^5 \text{ A/cm}^2$  bei 77 K und  $1 \times 10^6 \text{ A/cm}^2$  bei 70 K. Bei 4,2 K ist die kritische Stromdichte größer als  $1 \times 10^7 \text{ A/cm}^2$ . In äußeren Magnetfeldern zeigt sich kein Weak-link-Verhalten und die Abnahme der kritischen Stromdichte mit wachsendem Magnetfeld erfolgt im Vergleich zu Filmen, die durch Laser-Ablation erzeugt wurden, um eine Größenordnung langsamer. Kristallographisch besteht der erzeugte Film aus reiner  $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{CaCu}_2\text{O}_y$ -Phase. Der Film ist hochgradig zur c-Achse orientiert. Die a- und b-Achsen des Films sind vollständig parallel zu den Kristallachsen des Substrats in der Ebene ausgerichtet, so daß echte Epitaxie gewährleistet ist. Der Film ist hochgradig spiegelnd und ausscheidungsarm. Die Strukturierung des Films zu Meßzwecken (Herstellung eines SQUIDS) kann auf photolithographischem Weg durchgeführt werden.

## Patentansprüche

1. Verfahren zur Abscheidung eines dünnen supra-  
leitenden Films aus  $\text{Bi}_2\text{Sr}_2\text{Ca}_1\text{Cu}_2\text{O}_{\text{ca. } 8,15}$  durch Ka-  
thodenzerstäubung eines Targets der Zusammen- 5  
setzung  $\text{Bi}_{2,05}\text{Sr}_2\text{Ca}_1\text{Cu}_2\text{O}_{8+\delta}$  auf einem Substrat,  
wobei  $\delta$  eine Zahl zwischen 0 und 0,4 bedeutet und  
das zu beschichtende Substrat und das Target pla-  
nar sind, man das zu beschichtende Substrat auf 10  
einem elektrischen Heizblock festklebt, man das  
Substrat in einer Sputterkammer parallel zu dem  
planaren Target in einem Abstand von 16,5 bis  
21,5 mm anordnet, man durch die Sputterkammer  
reinen Sauerstoff unter einem Druck von 1 mbar  
bis 5 mbar strömen läßt, man den Heizblock auf- 15  
heizt, man durch Anlegen einer Spannung im Be-  
reich von 300–350 Volt zwischen Substrat und  
Target ein Entladungsplasma zündet, so daß das  
Target zerstäubt und sich das zerstäubte Material  
auf dem gegenüberliegenden Substrat abscheidet, 20  
man das Entladungsplasma ausschaltet, wenn der  
Film die gewünschte Schichtdicke erreicht hat, man  
bei erhöhter Temperatur das beschichtete Substrat  
noch mindestens 30 Minuten in der Sputterkammer  
bei dem gewählten Sauerstoffdruck im Bereich von 25  
1 bis 5 mbar beläßt und man nach Abkühlen auf  
mindestens 200°C das mit dem Film beschichtete  
Substrat aus der Sputterkammer entfernt, **dadurch**  
**gekennzeichnet**, daß man im Heizblock während  
der Zerstäubung des Targets und während man das 30  
beschichtete Substrat nach Abschalten des Entla-  
dungsplasmas in der Sputterkammer und bei dem  
gewählten Druck im Bereich von 1–5 mbar hält,  
eine Temperatur von 820–840°C einstellt, man an-  
schließend das beschichtete Substrat auf 500°C ab- 35  
kühlt, dann den Sauerstoffdruck auf 0,01 mbar ab-  
senkt und das beschichtete Substrat 15 Minuten bei  
500°C beläßt, bevor man auf mindestens 200°C ab-  
kühlt.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekenn- 40  
zeichnet, daß das Substrat auf dem Heizblock mit  
einem organischen Kleber festgeklebt wird.
3. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekenn-  
zeichnet, daß die dem Substrat benachbarte Fläche  
des Heizblocks mit Plättchen aus Aluminiumoxid 45  
oder Magnesiumoxid gleicher Dicke beklebt wird.
4. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekenn-  
zeichnet, daß der Druck in der Sputterkammer  
während des Zerstäubens 2,8 bis 3,2 mbar beträgt.
5. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekenn- 50  
zeichnet, daß man ein Entladungsplasma mit einer  
Leistung von 5–12 W pro  $\text{cm}^2$  Targetfläche er-  
zeugt.
6. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekenn-  
zeichnet, daß der Druck des strömenden Sauer- 55  
stoffs während des Zerstäubens um max. 3%, vor-  
zugsweise maximal 1,5% schwankt.
7. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekenn-  
zeichnet, daß der elektrische Heizblock allseitig  
von einem Strahlungsschild umschlossen ist, der 60  
nur an der Stelle des Substrats eine Ausnehmung  
besitzt.
8. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekenn-  
zeichnet, daß das Target ein Sintertarget ist.
9. Verfahren nach Anspruch 8, dadurch gekenn- 65  
zeichnet, daß das Sintertarget durch Sintern von  
Wismutoxid, Strontiumoxid, Calciumoxid und Kup-  
feroxid oder entsprechenden Oxidvorläufern her-

gestellt worden.

10. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekenn-  
zeichnet, daß das Substrat eine Dicke von 0,5 bis  
1,6 mm besitzt.

11. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekenn-  
zeichnet, daß der Abstand zwischen Substrat und  
Sputtertarget 18 mm beträgt.

---

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

---

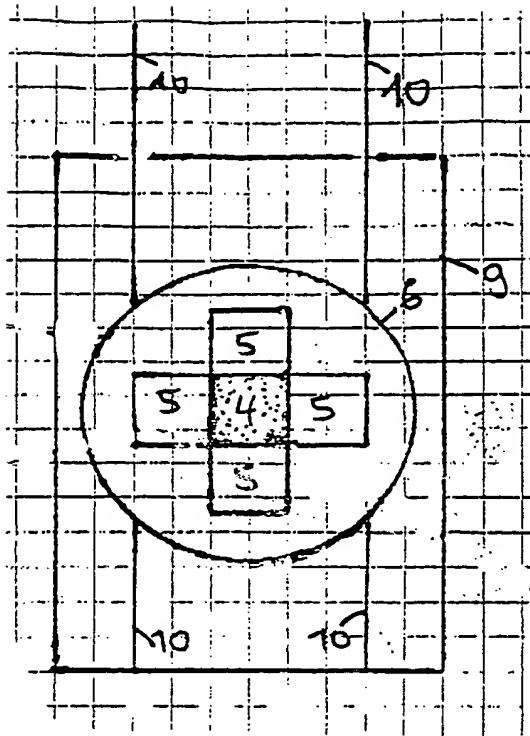


Fig. 1

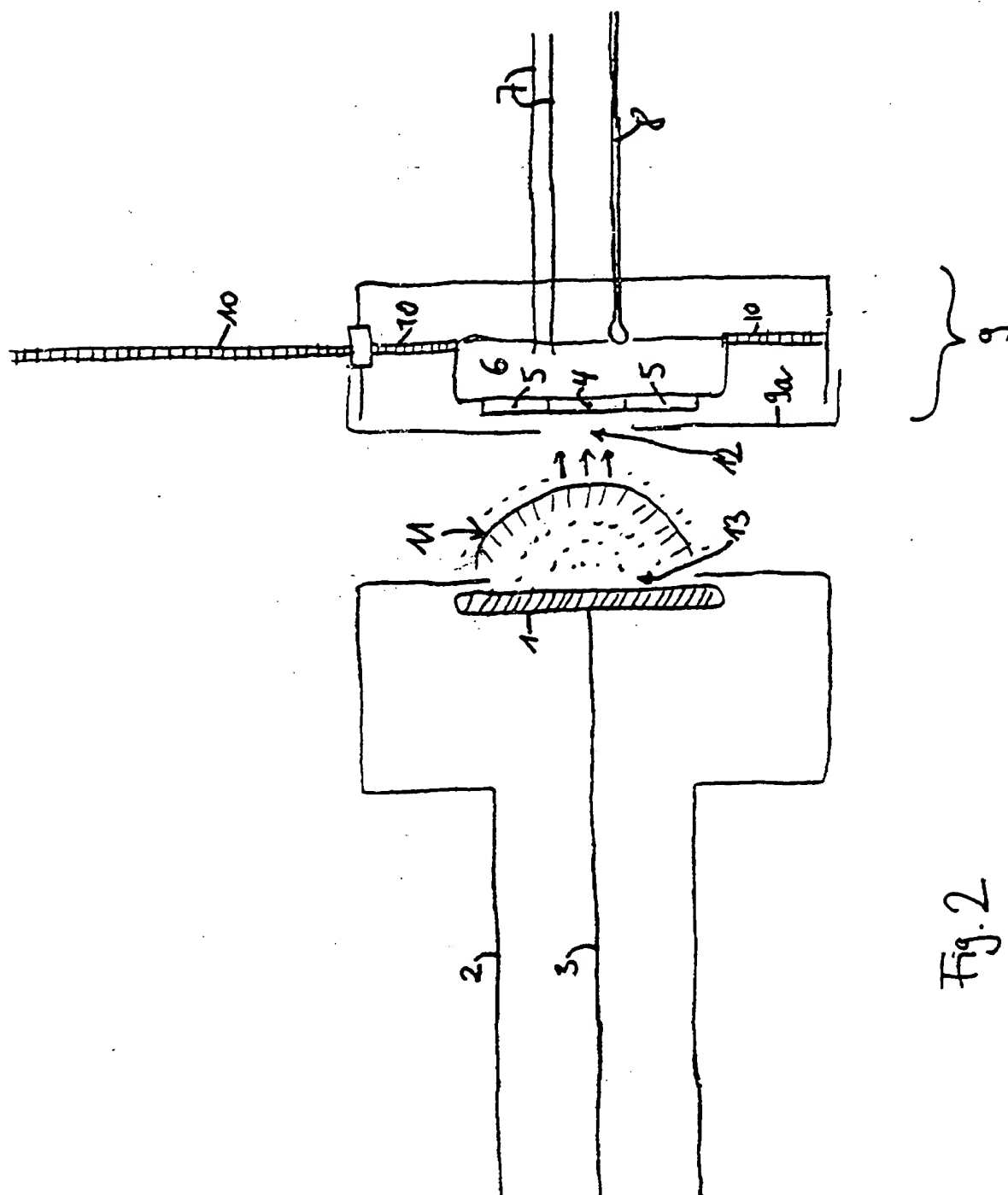


Fig. 2